

PCT

国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
[PCT18条、PCT規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 FPIM-07354	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP00/05797	国際出願日 (日.月.年) 28.08.00	優先日 (日.月.年)
出願人(氏名又は名称) 三菱電機株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N29/12, G01N3/30

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N29/00-29/28, G01N3/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2000年
日本国登録実用新案公報	1994-2000年
日本国実用新案登録公報	1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 1-219555, A (三菱油化株式会社) 1. 9月. 1989 (01. 09. 89)	1, 4, 10 12
Y	全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	5, 11, 13
Y	JP, 3-92758, A (株式会社曙ブレーキ中央技術研究 所), 17. 4月. 1991 (17. 04. 91)	5
A	第2頁左下欄第13-17行 (ファミリーなし)	6-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28. 09. 00

国際調査報告の発送日

10.10.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 隆夫



2W

8204

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 2000-131290, A (三菱電機株式会社) 12. 5月. 2000 (12. 05. 00) 第4頁左欄第38-47行 (ファミリーなし)	11, 13

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 3 月 7 日 (07.03.2002)

PCT

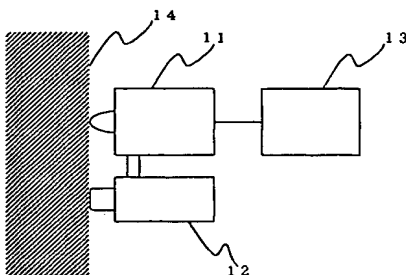
(10) 国際公開番号  
WO 02/18927 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01N 29/12, 3/30 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP00/05797 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 島田隆史 (SHI-MADA, Takashi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 松橋貫次 (MATSUHASHI, Kanji) [JP/JP]; 〒734-0012 広島県広島市南区元宇品町14-9 有限会社 松橋テクノロジーサーチ内 Hiroshima (JP).  
(22) 国際出願日: 2000 年 8 月 28 日 (28.08.2000)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP). 有限会社 松橋テクノロジーサーチ (MATSUHASHI TECHNO RESEARCH CO., LTD.) [JP/JP]; 〒734-0012 広島県広島市南区元宇品町14-9 Hiroshima (JP).  
(74) 代理人: 曾我道照, 外 (SOGA, Michiteru et al.); 〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビルディング8階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): JP, US.  
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

[続葉有]

(54) Title: STRUCTURE INSPECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 構造物検査装置



(57) Abstract: Vibration generated on a surface to be measured is directly converted into voltage, without the intermediary of a medium such as air, by bringing a vibration sensor into a direct contact with the surface to be measured to quantify the vibration generated on the surface, and the internal conditions of a concrete structure are objectively evaluated independently of surrounding noises and the shape of a hammer. A structure inspection device which comprises an exciting device for generating an elastic wave on an object to be measured of a concrete structure, a vibration detector for detecting, by being contacted with the surface of the object to be measured, the components within a specified frequency range of the elastic wave generated on the object surface by the exciting device, and a display for displaying a maximum amplitude of an output signal from the vibration detector.

(57) 要約:

振動センサを直接測定面に接触させることにより、測定面に発生する振動を空気などの媒体を介することなく直接電圧に変換して当該測定面に発生する振動を定量化して、周辺の騒音やハンマの形状によらずに、コンクリート構造物の内部の状態を客観的に評価する。本発明の構造物診断装置は、コンクリート構造物の測定対象物に弾性波を発生させる加振装置と、前記測定対象物の表面に接触させて、前記加振装置により前記測定対象物の表面に発生した弾性振動の所定の周波数範囲の成分を検出する振動検出器と、前記振動検出器の出力信号の最大振幅を表示する表示装置とを備える。

WO 02/18927 A1



添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 構造物検査装置

技術分野

この発明は、コンクリート構造物の内部の異常或いは欠陥を検出する装置に関するものである。

背景技術

図17は、例えば特開平7-20097号公報に示された、打音の音圧レベルをマイクロフォンなどの音圧検出装置で検出して、音圧レベルから内部の欠陥を検出する従来の装置である。図17において、2001はコンクリート製品、2003はハンマヘッド2002を有するハンマ装置、2005は高速フーリエ変換器で、騒音計2004及び表示装置2006に接続されている。

次に、上記従来例の動作について説明する。従来、このような非破壊検査は、検査員が測定面を検査用のハンマで軽打し、そのとき発生する打音の音色の違いにより、コンクリート構造物の内部に存在する欠陥を検出していた。この方法は人間の官能による検査であり、判定基準が一定とならず、検査員の経験や勘、熟練度により検査結果にばらつきが生じ、検査結果の記録も曖昧なものとなっていた。

また、超音波を用いた非破壊検査を適用する試みも行われているが、従来の探査子で効率良く出力される帯域が数100kHz以上であり、その波長によりコンクリート内部の骨材による散乱を受けやすく、探査可能な範囲が表層から浅いところに限定されていた。さらに、検査の際に、測定面を研磨した上にグリース等を塗布して音響インピーダンスをマッチングさせ、音波を測定対象に伝達させる必要があるため、測定の準備に時間を要し、実用的な作業性に関しても問題がある。

打音による検査を定量的に評価する方法として、例えば特開平7-20097号公報には、騒音計により打音の音圧を検出し、そのレベルで内部の欠陥を識別する方法が示されている。従来のこのような検査装置では、コンクリート製品2

001を、ハンマヘッド2002を取りつけたハンマ装置2003を用いて一定の衝撃力で軽打する。そのときに発生する打音を騒音計2004で集音して、電気信号に変換する。電気信号に変換された打音を高速フーリエ変換器2005で記録し、表示装置2006で出力する。

打撃によりコンクリート製品2001に発生する衝撃がその表面の振動となり、この振動が界面の空気を振動させて音として伝播する。この音が騒音計2004等の集音装置を介して電気信号に変換される。コンクリート製品2001の内部に機械強度の低下した異常が存在する場合には、表面に発生する振動の大きさや周波数が異常のない健全な場合と異なり、発生する音の大きさや周波数もそれに応じて異なる。このため、電気信号に変換された衝撃音の振動周波数や音圧レベルを比較することで、内部の欠陥が検知できる。

ところが、このような従来の方法では、ハンマの材質、形状で決まる共振音が外部からの衝撃によりハンマ自体から発生し、この共振音が測定面の打撃音に混入するため、ハンマの種類により同一箇所でも異なる打撃音が観測され、異常判定の障害となっていた。さらに、周辺の騒音が著しく打撃音のレベルを越えた場合や、打撃の残響が混入する場合、打撃音を正しく識別できないという問題があった。

また、打撃角度や打撃面の形状により測定面に発生する振動が変化するために、発生する衝撃音の特性も変化して誤診に繋がる場合があった。

さらに、打撃点と集音装置の距離やその方向などにより検出した打撃音のレベルが大きく変動するため、集音装置と打点の距離が変わる毎に集音装置の設置位置や方向を修正するか、判定基準の設定値を変更する必要があった。

このため、一定基準の下で打撃音を定量化し、内部の異常を検出するには、ハンマの形状を選定したり、測定環境を一定にする必要があるなどの問題があった。

### 発明の開示

本発明は以上のような問題を解決しようとするものであり、振動を検出するセンサを直接測定面に接触させることで、測定面に発生する振動を空気などの媒体を介することなく直接電圧に変換して当該測定面に発生する振動を定量化して、

周辺の騒音やハンマの形状によらずに、コンクリート構造物の内部の状態を客観的に評価できる構造物診断装置及び構造物診断方法を提供することを目的とする。

本発明の一側面によれば、コンクリート構造物の測定対象物に弾性波を発生させる加振装置と、前記測定対象物の表面に接触させて、前記加振装置により前記測定対象物の表面に発生した弾性振動の所定の周波数範囲の成分を検出する振動検出器と、前記振動検出器の出力信号の最大振幅を表示する表示装置とを備える構造物診断装置が提供される。

好ましくは、前記振動検出器は、錘と、一端を前記測定対象物と接触しうる接触子に接続されると共に、他端を前記錘に接続されたばねと、前記錘に接続され、該錘の振動を電気信号に変換する振動センサとを備え、前記錘の質量と前記ばねのばね定数で決まる共振周波数を前記所定の周波数範囲に設定し、前記振動センサにより、前記測定対象物の表面に発生させた弾性振動の前記所定の周波数範囲の成分を検出するものである。

好ましくは、前記振動検出器は、前記測定対象物と接触しうる接触子に接続され、曲げ歪により透磁率に変化する金属材料よりなるばねと、前記ばねをコア材として該ばねの周囲に配設されたコイルと、前記ばねに接続された錘とを備え、前記測定対象物の表面に発生させた弾性振動により前記ばねに発生した曲げ歪みを前記コイルにより検出するものである。

好ましくは、前記加振装置は、前記測定対象物を加振して弾性波を発生させる打撃部と、前記打撃部に固定したコイルと、前記コイルに接続され、該コイルの一方向にのみ電流を流すダイオードと、前記コイルの近傍において前記打撃部の周囲に固定して配置され、該コイルの振動方向に磁界を発生させる磁石とを備え、前記磁石と前記コイルとの電磁相互作用により、前記打撃部の振動の一方向にのみダンピングを生じさせるものである。

好ましくは、前記加振装置は、前記測定面に弾性波を発生させる打撃部と、前記打撃部を収納するチャンバーと、前記チャンバー内に圧力媒体を注入して、前記打撃部を前記チャンバーから外部へ突出させる打撃部作動機構とを備え、前記打撃部作動機構は、前記打撃部により一定の加振力で前記測定面に弾性波を発生

させるものである。

好ましくは、前記打撃部作動機構は、前記チャンバー内に圧力媒体を注入するインジェクタと、前記チャンバーと前記測定面との距離が所定値になったとき、前記チャンバーへ圧力媒体を供給する圧力媒体供給機構とを備えるものである。

好ましくは、前記圧力媒体供給機構は、前記圧力媒体を貯留するボンベと、前記ボンベ内の圧力媒体の圧力を調圧する圧力レギュレータと、前記ボンベ内の圧力媒体を前記圧力レギュレータを介して前記インジェクタへ供給するための供給スイッチと、前記チャンバーと前記測定面との距離が所定値になったとき、前記供給スイッチをトリガするトリガ機構とを備えるものである。

好ましくは、前記圧力媒体供給機構は、前記インジェクタに接続されて前記圧力媒体を供給するコンプレッサと、前記コンプレッサ内の圧力媒体を前記インジェクタへ供給するための供給スイッチと、前記チャンバーと前記測定面との距離が所定値になったとき、前記供給スイッチをトリガするトリガ機構とを備えるものである。

好ましくは、前記圧力媒体供給機構は、一端を前記加振装置の筐体に接続されると共に、他端を前記トリガ機構に接続され、該トリガ機構を前記供給スイッチから離れるように付勢するばねを更に備えるものである。

好ましくは、前記表示装置は、前記振動検出器に接続された入力端子と出力端子を有するアンプと、前記アンプの出力端子に接続された第1入力端子と、参照電圧を印加される第2入力端子と、出力端子とを有し、前記第1入力端子の入力電圧が前記第2入力端子の参照電圧を超えたとき前記出力端子より出力を発生する、互いに並列に配置された複数のコンパレータと、前記各コンパレータの出力端子に各々接続された複数の表示部とを備え、前記各コンパレータの出力端子に印加される参照電圧が異なる値に設定されるものである。

好ましくは、前記弾性振動の所定の周波数範囲は数kHz以下である。

本発明の他の側面によれば、コンクリート構造物の内部欠陥を検出する構造物診断方法において、測定対象物の測定面に弾性波を一定の力で発生させる第1の工程と、前記第1の工程において前記測定面に発生した振動を電気信号に変換して、その電気信号の所定の周波数範囲の成分の最大振幅を求める第2の工程と、

前記電気信号の最大値を予め定められた閾値と比較して、前記構造物の内部欠陥の存在を検出する第3の工程とを備える構造物診断方法が提供される。

好ましくは、前記電気信号の所定の周波数範囲は数kHz以下である。

尚、本発明で問題とする内部欠陥とは、コンクリート構造物の内部に発生したクラックや表層の剥離、またはジャンカと呼ばれる、セメントが不均一でその配合比が所定の範囲よりも低くなって骨材の比率が高くなり機械的な強度が所定範囲以下に低下した部分を表すものである。

内部欠陥の存在する部位と健全な部分との振動振幅レベルには、図12に示すような関係があり、振動振幅レベルにより両者を識別でき、さらにコンクリート構造物の表層の剥離または内部に発生したクラック等の欠陥に対しては、図13に示す関係より、表面から欠陥部までの距離（深さ）を推定することができる。

#### 図面の簡単な説明

図1はこの発明の実施の形態1に係る構造物診断装置の構成を示すブロック図である。

図2はコンクリート構造物の打撃時の周波数応答波形を示す波形図である。

図3はこの発明の振動検出器の振動特性を示す波形図である。

図4はこの発明によるコンクリート構造物に内部欠陥が無い場合の打撃時の応答波形を示す波形図である。

図5はこの発明によるコンクリート構造物に内部欠陥が有る場合の打撃時の応答波形を示す波形図である。

図6はこの発明の実施の形態1に係る表示装置の構成の一例を示すブロック図である。

図7はその表示装置の動作を示すグラフである。

図8はこの発明の実施の形態1に係る振動検出器の概略構成を示す図である。

図9はこの発明の実施の形態1に係る加振装置の構成を示すもので、(a)、(b)及び(c)は各々異なる作動状態を表している。

図10はその加振装置の一部拡大図である。

図11はこの発明の実施の形態2に係る構造物診断方法を示すフローチャートである。

図 1 2 はこの発明によるコンクリート構造物の振動振幅レベルと内部欠陥の関連を示す図である。

図 1 3 はこの発明によるコンクリート構造物の振動振幅レベルと測定面から内部欠陥までの距離の関連を示す図である。

図 1 4 はこの発明の実施の形態 3 に係る振動検出器の構成を示す図である。

図 1 5 はこの発明の実施の形態 4 に係る加振装置を示す図である。

図 1 6 はこの発明の実施の形態 5 に係る表示装置の構成の他の例を示すブロック図である。

図 1 7 は従来の構造物診断装置の概略構成の一例を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、この発明の実施の形態について添付図面を参照して説明する。

##### 実施の形態 1.

図 1 は本発明の実施の形態 1 による構造物診断装置の概略構成を示すブロック図である。図 1 に示すように、本実施の形態 1 の構造物診断装置は、コンクリート建造物 1 4 の振動を検出する振動検出器 1 1 と、コンクリート建造物 1 4 に振動を加える加振装置 1 2 と、振動検出器 1 1 で検出された振動を表示する表示装置 1 3 とを有する。

図 2 (a) 及び (b) は、表示装置 1 3 に表示されるコンクリート構造物 1 4 の加振応答状態を示しており、図 2 (a) は内部欠陥をもつ部位の振動特性、図 2 (b) は内部欠陥の無い健全な部位の振動特性を示す。図 3 は振動検出器 1 1 の振動特性を示す。

図 4 (a)、図 4 (b) 及び図 5 (a)、図 5 (b) はコンクリート構造物 1 4 のインパルス応答として、一定の高さから一定の質量の鉄球を落下させ、振動検出器 1 1 で検出された波形を時間軸上で示したものである。図 4 (a) は内部異常が存在する部位、図 4 (b) は健全部位での振動波形を示す。一方、図 5 (a) 及び図 5 (b) はそのときの衝撃音をマイクロフォンにより検出し、同一帯域の通過帯域を持つバンドパスフィルタを通した後の波形を示す。図 5 (a) は内部欠陥の存在する部位で観測された応答、図 5 (b) は内部欠陥の存在しない健全な部位で観測された応答をそれぞれ示す。

図6は表示装置13の構成の一例を示すブロック図である。図6に示すように、表示装置13は、入力端子51-1が入力信号線50に接続されたアンプ51、比較信号入力端子52-1がアンプ51の出力端子51-2に接続されると共に、参照入力端子52-2が参照電源に接続されたコンパレータ52、コンパレータ52の出力端子52-3に接続されたLED53を有する。

図7はコンパレータ52の動作を示す時間軸波形を示しており、 $V_{in}$ はコンパレータ52の比較信号入力端子52-1の入力電圧を、 $V_o$ はコンパレータ52の参照入力端子52-2の参照入力電圧を、 $V_{out}$ はコンパレータ52の出力端子52-3の電圧をそれぞれ示している。

図8は振動検出器11の構成を示す図であり、振動検出器11は、錘111に、ばね112を介して接触子113を接続して構成される。錘111はばね112と接続されており、さらに接触子113を介して測定面に接触させる。振動電圧変換器114は振動を電圧に変換するものであり、例えば錘113に接続されており、接触子113に到達した振動がばね112及び錘111を介して振動電圧変換器114に伝達される。振動電圧変換器114に伝達された振動はそこで電気信号に変換され、振動検出器11から出力される。振動電圧変換器114は表示装置13の入力信号線50に結線されており、その出力信号が入力信号線50を介して表示装置13に供給され、計測結果が表示装置13に表示される。

この場合、錘111の質量を $M$ 、ばね112のばね定数を $k$ とすると、この振動系は、次式(1)に示すような共振周波数 $f_o$ を持つ。

$$f_o = (1/2\pi) (k/M)^{1/2} \quad (1)$$

この系に外部から振動が与えられると、錘111はこの共振周波数 $f_o$ で共振現象を起こす。すなわち、外部から入力される振動のうち共振周波数 $f_o$ に一致する成分が選択的に強調される。そこで、この錘111に加速度センサなどの振動電圧変換器114を固定すると、接触子113から入力される振動のうち共振周波数 $f_o$ に一致した成分が強調されて、振動検出器11から出力されるようになる。

いま、錘111の質量 $M$ とばね112のばね定数 $k$ を適正に選択し、数kHz以下の最適な周波数に共振周波数 $f_o$ を調整すると、その周波数を中心とした振

動成分を選択的に検出し、電気信号に変換する振動検出器 1 1 を得ることができ  
る。

従って、適正な帯域の信号を検出するためのフィルタリング機能が不要となり、より単純な回路構成の表示装置 1 3 を使用することが可能となる。また、機械的な共振系は電位的な共振系に比べて Q 値の高い周波数応答を持つため、狭帯域のフィルタリング効果を得ることが可能となる。このため、信号の選択性がよく外来雑音の影響をより受けにくい構造物検査装置を実現することが可能となる。

図 9 (a) ~ (c) は加振装置 1 2 の一例を示している。これらの図において、加振装置 1 2 は、棒状の打撃部 1 3 1 と、打撃部 1 3 1 に接続されたコイルばね等のばね 1 3 2 と、打撃部 1 3 1 をラッチするための打撃部ラッチ機構 1 3 3 と、打撃部ラッチ機構 1 3 3 に回動可能に取り付けられ、図示しないばね等により打撃部に係合するラッチ位置 (図 9 (a)) に付勢されるリリース機構 1 3 4 と、リリース機構 1 3 4 に対向して配置され、加振装置 1 2 の筐体に取り付けられたリリーストリガ 1 3 5 と、打撃部 1 3 1 の外周部に埋設された永久磁石 1 3 6 と、永久磁石 1 3 6 に近接して打撃部 1 3 1 を取り囲むように配置され、加振装置 1 2 の筐体に取り付けられたコイル 1 3 7 とを有する。

打撃部 1 3 1 はばね 1 3 2 を介して加振装置 1 2 の筐体に取り付けられており、外力が加わらない状態におけるばね 1 3 2 は自然長  $L_0$  である。

今、加振装置 1 2 に外力が加えられると、打撃部ラッチ機構 1 3 3 にラッチされた打撃部 1 3 1 がばね 1 3 2 の収縮方向に移動を始める (図 9 (a))。外力が加えられ続けると、ばね 1 3 2 の収縮方向に打撃部 1 3 1 と打撃部ラッチ機構 1 3 3 は移動を続け、やがて打撃部ラッチ機構 1 3 3 に取り付けられたリリース機構 1 3 4 が加振装置 1 2 の筐体に取り付けられたリリーストリガ 1 3 5 に接触する (図 9 (b))。さらに外力が加えられると、リリーストリガ 1 3 5 はリリース機構 1 3 4 を解放し、その瞬間に、ばね 1 3 2 の収縮エネルギーにより打撃部 1 3 1 は加振装置 1 2 から押し出され測定表面を打撃する (図 9 (c))。

このように、ばね 1 3 2 の収縮長さを一定長に固定して打撃部 1 3 1 を解放すれば、測定表面の打撃角度や打撃速度を一定にすることができ、属人性の無い安定した判定が可能となる。

さらに、加振装置 1 2 の筐体に固定された永久磁石 1 3 6 によってばね 1 3 2 の収縮方向に発生された磁界により、打撃部 1 3 1 の周囲に該磁界と交叉する方向に設けられたコイル 1 3 7 に磁力を作用させて、該コイル 1 3 7 とリリース機構 1 3 4 から解放された打撃部 1 3 1 とを振動させる。コイル 1 3 7 には、誘導起電力が発生して振動速度に応じた電流が流れて、磁束が発生する。このため、振動の方向とは常に逆向きの磁力が発生して振動に制動をかける。

そこで、図 1 0 に示すように、ばね 1 3 2 の収縮時にコイル 1 3 7 に電流が流れ、押し出される時には電流が流れない方向にダイオード 1 3 8 をコイル 1 3 7 に接続する。これにより、リリース機構 1 3 4 が解放され、加振装置 1 2 から打撃部 1 3 1 が押し出されるときは、該打撃部 1 3 1 はコイル 1 3 7 からの制動を受けず、打撃後、収縮方向に打撃部 1 3 1 が運動を始めたときに制動がかかるようになる。

以上のように、打撃時の速度、打撃時のばね 1 3 2 の伸び長さ、ばね定数等を調整することにより、衝撃エネルギーをロスすることなく測定面の 2 度叩きを防ぐことが可能となり、連続した最短の時間間隔で一定の衝撃を繰り返すことが可能となる。

さらに、打撃部 1 3 1 の周囲に別途にコイルを設ければ、打撃部 1 3 1 の移動時に該コイルに生じる電流等を検出することにより打撃部 1 3 1 の速度を検出することが可能となる。従って、打撃部 1 3 1 (ハンマー) がリリースされたタイミングを検知し、それに同期させて振動検出器 1 1 の出力をサンプリングすることで、外乱の影響が少なく、打撃に応じた信号を選択的に得ることも可能である。

次に、本実施の形態 1 の動作について説明する。測定を行うために、まず、振動検出器 1 1 を測定対象となるコンクリート構造物 1 4 の表面上の任意の点に接触させる。このとき、加振装置 1 2 でコンクリート構造物 1 4 の表面 (以下、測定面と称する) に衝撃を加えると、当該測定面に弾性振動が発生する。振動検出器 1 1 は発生した振動を感知し、電気信号に変換する。振動検出器 1 1 は振動の大きさに応じて電気信号を出力する機能を有しており、ここで変換された電気信号の振幅が高いほど大きな振動が発生していることを示す。表示装置 1 3 には、

振動検出器 1 1 で変換された電気信号が入力される。表示装置 1 3 は、入力された電気信号の振幅を検出し、その大きさを表示するように構成されている。

コンクリート構造物 1 4 の内部にクラックやジャンカなどの機械強度が劣化した欠陥が存在すると、その表面では外部からの衝撃により振動を発生しやすい状態になっている。このとき、外部より衝撃エネルギーを加えると、機械強度の劣化の程度により振幅の異なる振動が発生する。

実際、外部より一定の加振力を加えたとき加振面に発生する振動を計測し、内部にクラックが発生した部位の応答と内部に異常（欠陥）が認められない部位の応答とを比較した。図 2（a）は内部に欠陥が存在する部位の振動特性、図 2（b）は内部に欠陥が存在しない部位の振動特性である。これらの図では、検知した振動を電気信号に変換して周波数変換を行った後の波形が表示されており、振幅レベルが高いほど振動の振幅も大きいことを表す。これにより、内部に欠陥の存在する部位では、数  $\text{kHz}$  以下の低周波の振動成分が顕著に表れる。同じ帯域で健全な部位の応答と比較すると、その大きさは 10 倍以上に達しており、両方で振動のレベルが著しく異なっていることが判る。

例えば、図 3 に示すように、1  $\text{kHz}$  を中心として感度の高い特性を振動検出器 1 1 に持たせ、一定の高さから一定の質量を持つ鉄球を落下させて一定の衝撃力を測定面に加えて、この時に測定面に発生した振動を振動検出器 1 1 で検出すると、図 4（a）に示すように、内部に欠陥が存在する部位では、内部に欠陥が存在しない部位の 10 倍以上振幅の大きな振動が観測される（図 4（b））。

一方、同一部位に同様に外部から衝撃を与え、そのとき発生する衝撃音をマイクロフォンにて検出し、その応答波形を求めた。図 5（a）に、内部欠陥の存在する部位での応答を、図 5（b）に健全部での応答をそれぞれ示す。この場合、図 4（a）及び（b）に見られたような大きな振幅の差は見られない。さらに、打点とマイクロフォンの距離やマイクロフォンの向きを変えることにより、内部欠陥の存在する箇所でも、健全箇所のレベルとほぼ等しい応答波形を示す場合やその逆の場合が見られる。従って、観測される音の振幅のレベルにより両者を区別するには、打撃強度や検出位置、指向性の調整等を詳細に調整する必要があることが判る。

そこで、測定面を外部からの衝撃により起振させて測定表面に発生する振動を、空気を介在せずに直接測定すれば、外部の騒音やハンマの共振音は当該測定面に伝達されないため、測定の障害とはならない。また、欠陥部に特有な帯域の振動を選択的に検出し、そのレベルにより判定を行えば、ハンマの打撃角度や打撃面の形状が変わり当該帯域外に評価の障害となる振動成分が発生しても、その成分は減衰させられ、正しい判定を行なうことが可能となる。

表示装置 13 は入力された電気信号の最大振幅を表示する機能を有しており、表示される最大振幅を比較することで、内部に欠陥が存在する部位を特定することができる。図 6 は表示装置 13 の構成を示すブロック図であり、入力信号線 50 には振動検出装置 11 で変換された電気信号が入力される。入力信号線 50 はアンプ 51 の入力端子 51-1 に接続され、アンプ 51 により適切な増幅率で入力信号の振幅が増幅され、出力端子 51-2 より出力され、コンパレータ 52 の比較信号入力端子 52-1 に供給される。一方、コンパレータ 52 の参照入力端子 52-2 には参照電圧  $V_o$  が与えられている。コンパレータ 52 の出力端子 52-3 には、表示装置として、例えば LED 53 が接続されている。

図 7 に示すように、参照入力端子 52-2 には、常に一定電圧の参照電圧  $V_o$  が与えられており、比較信号入力端子 52-1 の電圧  $V_{in}$  が  $V_o$  を超えた時、コンパレータ 52 の出力端子 52-3 の電圧は予め設定された  $V_{out0}$  を出力する。コンパレータ 52 の出力端子 52-3 には、例えば LED 53 などの出力装置が接続されており、出力端子 52-3 の電圧が  $V_{out}$  になると電流が流れ、LED 53 が点灯される。

加振装置 12 としては、検査員によるハンマやメカニカルな打撃機構を採用する方法などが考えられるが、人手による打撃では加振力の安定性に限度があるため、メカニカルな打撃機構により一定の力で加振する機構を採用すれば、さらに属人性の少ない正確な判定が可能となる。さらに、振動検出器 11 で電気信号に変換された出力信号を記録、保存することにより、従来のハンマによる打音検査では困難な内部異常（欠陥）の経時変化を定量的に知ることが可能となる。

以上のように、この実施の形態 1 によれば、測定面に発生した振動を直接観測することを可能にしたため、空気などの媒体における音の拡散や減衰の影響や外

部の騒音などの障害を受けることなく、打音検査を定量化して属人性のない検査結果を得ることが可能となる。さらに、数kHz以下の成分を選択的に検出する特性を振動検出器に持たせたため、内部に欠陥が存在して濁音が発生するような部位に特異的に発生する数kHz以下の振動を効率良く検出することができ、内部に欠陥の存在しない箇所との弁別が容易な構造物診断装置が実現可能となる。

実施の形態2.

以下、この発明の実施の形態2に係る構造物診断方法を図11乃至13を参照して説明する。図11は、本発明によるコンクリート構造物の内部欠陥を診断する方法を示したフローチャートである。図12は、内部欠陥の存在する部位と健全な部位とをそれぞれ一定の力で加振したときに発生した振動の振幅レベルを示すグラフである。図13は、内部欠陥が存在する部位で計測された振動の振幅レベルと測定面から内部欠陥までの距離（深さ）の関係を示すグラフである。

コンクリート構造物の内部欠陥の診断は、上記構造物診断装置を用いて、図11のフローチャートに示すような手順で行われる。まず、健全箇所及び異常箇所の振動レベルに関するデータベースが存在するか否かを判定し（ステップS1）、存在しなければ、一定の加振力を発生する加振装置12により、内部欠陥が存在する箇所及び健全箇所に衝撃を与えて（ステップS2）、それぞれで発生する振動のレベルを検出し（ステップS3）、所定の周波数範囲（好ましくは、数kHz以下）の成分の最大振幅レベルを演算し（ステップS4）、健全箇所及び異常箇所の振動レベルに関するデータベースを構築する（ステップS5）。例えば、図12に示したように、構造物表面で測定された振動の振幅を求めると共に、該構造物の当該測定ポイントをコアリングするなどして内部状態を確認し、両者の関連性を示すグラフにプロットする。そして両者を識別する閾値をグラフより求める（ステップS6）。

次に、ステップS1において、上記データベースが存在すれば、新たな検査箇所に対し、上記調査時と等しい加振力を有する加振装置12で衝撃を与え（ステップS7）、発生する振動のレベルを計測し（ステップS8）、上記所定の周波数範囲の成分の最大振幅レベルを演算し（ステップS9）、先に求めた閾値と比較する（ステップS10）。これにより、計測された振動のレベルが閾値より大

きい場合には、内部に異常が存在すると判定し（ステップS 1 1）、一方、閾値より小さい場合には、健全な箇所であると判定する（ステップS 1 2）。図1 2に示すように、健全な箇所と内部欠陥の存在する箇所が発生する振動レベルを比較すると、一定の閾値を境に両者が分離して存在する。

そこで、図1 2において、健全部と内部欠陥の存在する箇所を識別する閾値を $V_0$ に設定すれば、以後、内部に欠陥が存在する部位を同じ衝撃力で加振した場合は、表示装置1 3の入力信号レベルがこの閾値 $V_0$ を超えるためLED 5 3が点灯し、内部に欠陥が存在することが判別可能となる。

上記閾値は健全箇所と異常（欠陥）箇所の識別のために構築されたものであるが、異常箇所の応答も、材質及び異常箇所の大きさ、深さにより発生する振動のレベルが異なる。

図1 3は振動の大きさと表面から異常箇所の一例としての剥離部（骨材等が周囲のセメントから剥離している部分）までの距離の関係を同様の手順で調査した結果を示し、両者の間には強い相関関係が見られることが判明した。そこで、剥離部までの深さに応じた閾値を図8のコンパレータ5 2<sub>1</sub>、5 2<sub>2</sub>、5 2<sub>3</sub>それぞれの参照電圧 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ に設定すれば、点灯したLED 5 3の数で内部欠陥までの距離を、この場合には4段階で、知ることが可能となる。

その他の事象についても、検出される振動レベルと強い相関を持つ事象が見つかれば、同様の手順により両者の関係を示す相関式を実験的または演繹的に求め

新たに計測された振動レベルと照合することにより、従来評価できなかった内部状態を検知することが可能となる。

以上のように、この実施の形態2によれば、測定面に発生した振動を一定レベルの加振のもとに直接観測することを可能としたため、空気などの媒体における音の拡散や減衰の影響や外部の騒音などの障害を受けることなく予め測定したデータベースと比較することで、構造物の内部の情報を容易に得ることが可能となる。

実施の形態3.

以下、この発明の実施の形態3に係る構造物診断装置を図1 4を参照して説明する。図1 4は振動検出器1 1 Aを板ばねで構成した例を示しており、その他の

構成は上記実施の形態 1 と同様である。図 1 4 において、錘 1 1 1 は板ばね 1 1 2-2 により接触子 1 1 3 と接続されており、各板ばね 1 1 2-2 は、透磁率の変化を電気信号に変換するコイル 1 2 1 により巻回されている。接触子 1 1 3 に達した振動は板ばね 1 1 2-2 を介して錘 1 1 1 に伝達される。このとき、上記実施の形態 3 に示したように、錘 1 1 1 の質量  $M$  と板ばね 1 1 2-2 のばね定数  $k$  で決まる共振周波数  $f_0$  は上記式 (1) に示す関係で求められる。

板ばね 1 1 2-2 は、金属系の磁歪材のように、与えられた歪みにより透磁率が変化する材料で構成される。接触子 1 1 3 に与えられた振動が錘 1 1 1 に伝達される際、板ばね 1 1 2-2 には曲げ歪みが発生し、それに応じて磁歪材料の透磁率が変化する。板ばね 1 1 2-2 をコアとしてその周囲にコイル 1 2 1 を配置すると、コアの透磁率の変化に従ってコイル 1 2 1 には起電力が発生する。磁歪材料で発生する曲げ歪みが大きいほど透磁率の変化は大きくなり、その結果、コイル 1 2 1 に発生する電圧も高くなるため、錘 1 1 1 に伝達される振動の大きさに応じた電圧、すなわち電気信号を得ることが可能である。

以上のように、この実施の形態 3 によれば、錘 1 1 1 に伝達される振動をそれに接続された板ばね 1 1 2-2 で直接検出するため、錘 1 1 1 に加速度センサなどの振動電圧変換器 1 1 4 を固定して出力を発生する場合に比べて、センサでの振動検出遅れが少ない振動検出器 1 1 A を得ることが可能となる。また、加速度センサなどの振動電圧変換器 1 1 4 を錘 1 1 1 に固定する必要がなく、小型、軽量で安価なしかも検出感度の高い振動検出器 1 1 A を得ることが可能となる。

実施の形態 4.

以下、この発明の実施の形態 4 に係る構造物診断装置を図 1 5 を参照して説明する。図 1 5 は加振装置の他の例を示すものであり、この実施の形態 4 のその他の構成は前記実施の形態 1 と同様である。

図 1 5 において、加振装置 1 2 A は、一端を球体状に形成された棒状の打撃部 1 4 1 と、コンクリート構造物 1 4 の測定面に対向する一端を開放すると共に他端を閉鎖され、打撃部 1 4 1 を収納する筒状のチャンバ 1 4 2 と、チャンバ 1 4 2 の閉鎖端に設けられ、チャンバ 1 4 2 内に圧搾空気を注入するエアージェクタ 1 4 3 と、圧力レギュレータ 1 4 5 を介してエアージェクタ 1 4 3 に接

続されるボンベ144と、エアーインジェクタ143に設けられた圧搾空気供給スイッチ146と、ばね148を介して加振装置12Aの筐体に接続され、圧搾空気供給スイッチ146を作動させるスイッチ作動部149を有するトリガ機構147とを備える。

打撃部141の外形とチャンバ142内径のクリアランスは十分に狭く、エアーインジェクタ143よりチャンバ142内に圧搾空気が供給されると、その圧力により打撃部141が押されチャンバ142の開口端より外側へ突出する。

ボンベ144には圧搾空気が蓄えられており、圧力レギュレータ145により適度に圧力を調整されてエアーインジェクタ143に供給されている。

今、コンクリート構造物14の測定面にチャンバ142の開口部を接近させると、トリガ機構147が測定面と当接してばね148の付勢力に抗して加振装置12Aの筐体内に入る方向に移動する。これに伴い、トリガ機構147に設けたスイッチ作動部149が圧搾空気供給スイッチ146に当接して押圧し、エアーインジェクタ143から圧搾空気がチャンバ142内に供給されて、その開口端から打撃部141の先端を外方へ突出させてコンクリート構造物14の測定面を打撃する。

この際、トリガ機構147が加振装置12Aの筐体に対して移動して、チャンバ142と測定面との距離が一定になったときに、圧搾空気供給スイッチ146を押して圧搾空気を供給するように構成すれば、常にチャンバ142の開放端を測定面から一定距離を保ったまま打撃部141により打撃することができるため、一定の加振力の振動を当該測定面に与えることが可能となる。

また、例えば図15に示すように、トリガ機構147を加振装置12Aの筐体にはばね148により接続するように構成すれば、加振機構12を測定面から離すことでトリガ機構147が初期位置に戻るため、再び加振装置12Aを測定面に近づけることにより繰り返し圧搾空気を供給することが可能となる。同様に、打撃部141にも、打撃後に打撃部141を初期位置に戻すための、磁石やばね等の戻し機構を取り付けることで、繰り返し打撃を行なうことが可能な加振機構12Aを得ることができる。トリガ機構147による圧搾空気供給スイッチ146のトリガの方法は多様で、マニュアルや電磁スイッチを用いても、同様の機能を

実現することが可能である。

さらに、圧搾空気は加振装置 1 2 A に取り付けられたポンペ 1 4 4 により供給する例を説明したが、ポンペ 1 4 4 の代わりにコンプレッサを用いて別途圧搾空気を供給すれば、ポンペ 1 4 4 の容量に関係なく打撃を繰り返すことが可能となったり、容易に圧力調整が可能となる。また、加振機構 1 2 A の小型化が容易に図れ、取り扱いや操作を一層容易にすることができる。

以上のように、この実施の形態 4 によれば、簡便で小型の加振装置 1 2 A を実現することができ、一定の加振力で測定面を繰り返し打撃可能な構造物診断装置を得ることが可能となる。また、圧搾空気の圧力を調整することで、加振力も容易に調整することが可能となる。

実施の形態 5.

以下、この発明の実施の形態 5 に係る構造物診断装置を図 1 6 を参照して説明する。図 1 6 は表示装置の他の例を示すものであり、この実施の形態 4 のその他の構成は前記実施の形態 1 と同様である。

図 1 6 に示すように、この実施の形態 5 の表示装置 1 3 A は、互いに並列に配置された複数のコンパレータ  $5 2_1 \sim 5 2_3$  を備えており、それぞれの参照電圧を異なる値に設定することにより、入力波形の振幅に応じて点灯する LED  $5 3_1 \sim 5 3_3$  の数が変化し段階的な表示が容易に可能になる。図 8 の場合、それぞれのコンパレータ  $5 2_1 \sim 5 2_3$  の入力端子  $5 2_1 - 1 \sim 5 2_3 - 1$  にはアンプ 5 1 の出力が分岐されて与えられており、入力電圧  $V_{in}$  がそれぞれの参照電圧  $V_1 \sim V_3$  を超えたときに、上述のロジックに従って、LED  $5 3_1 \sim 5 3_3$  が点灯する。すなわち、参照電圧  $V_1 \sim V_3$  を適切に調整すれば、入力波形の振幅に応じて点灯する LED  $5 3_1 \sim 5 3_3$  の数を変化させることが可能となる。

例えば、入力電圧  $V_{in}$  が  $V_3 < V_{in} < V_2$  の場合には、LED  $5 3_3$  のみが点灯し、 $V_2 < V_{in} < V_1$  の場合には、LED  $5 3_3$  及び LED  $5 3_2$  が点灯し、 $V_1 < V_{in}$  の場合には、全ての LED  $5 3_1 \sim 5 3_3$  が点灯する。従って、点灯する LED 5 3 の数により入力波形の振幅を識別することが可能となるため、これにより内部異常の有無を検知できる。

産業上の利用の可能性

本発明は、振動センサを直接測定面に接触させることにより、測定面に発生する振動を空気などの媒体を介することなく直接電圧に変換して当該測定面に発生する振動を定量化することにより、周辺の騒音やハンマの形状によらずに、コンクリート構造物等の構造物の内部の状態（内部欠陥）を客観的に評価するために利用することができる。

### 請 求 の 範 囲

1. コンクリート構造物の測定対象物に弾性波を発生させる加振装置と、  
前記測定対象物の表面に接触させて、前記加振装置により前記測定対象物の表面に発生した弾性振動の所定の周波数範囲の成分を検出する振動検出器と、  
前記振動検出器の出力信号の最大振幅を表示する表示装置と、  
を備える構造物検査装置。
2. 前記振動検出器は、  
錘と、  
一端を前記測定対象物と接触しうる接触子に接続されると共に、他端を前記錘に接続されたばねと、  
前記錘に接続され、該錘の振動を電気信号に変換する振動センサと、  
を備え、  
前記錘の質量と前記ばねのばね定数で決まる共振周波数を前記所定の周波数範囲に設定し、前記振動センサにより、前記測定対象物の表面に発生させた弾性振動の前記所定の周波数範囲の成分を検出する請求項1記載の構造物検査装置。
3. 前記振動検出器は、  
前記測定対象物と接触しうる接触子に接続され、曲げ歪により透磁率が変化する金属材料よりなるばねと、  
前記ばねをコア材として該ばねの周囲に配設されたコイルと、  
前記ばねに接続された錘と、  
を備え、  
前記測定対象物の表面に発生させた弾性振動により前記ばねに発生した曲げ歪みを前記コイルにより検出する請求項1記載の構造物検査装置。
4. 前記加振装置は、  
前記測定対象物を加振して弾性波を発生させる打撃部と、  
前記打撃部に固定したコイルと、  
前記コイルに接続され、該コイルの一方向にのみ電流を流すダイオードと、  
前記コイルの近傍において前記打撃部の周囲に固定して配置され、該コイルの振動方向に磁界を発生させる磁石と、

を備え、

前記磁石と前記コイルとの電磁相互作用により、前記打撃部の振動の一方向にのみダンピングを生じさせる請求項 1 記載の構造物検査装置。

5. 前記加振装置は、

前記測定面に弾性波を発生させる打撃部と、

前記打撃部を収納するチャンバーと、

前記チャンバー内に圧力媒体を注入して、前記打撃部を前記チャンバーから外部へ突出させる打撃部作動機構と、

を備え、

前記打撃部作動機構は、前記打撃部により一定の加振力で前記測定面に弾性波を発生させる請求項 1 記載の構造物診断装置。

6. 前記打撃部作動機構は、

前記チャンバー内に圧力媒体を注入するインジェクタと、

前記チャンバーと前記測定面との距離が所定値になったとき、前記チャンバーへ圧力媒体を供給する圧力媒体供給機構と、

を備える、請求項 5 記載の構造物診断装置。

7. 前記圧力媒体供給機構は、

前記圧力媒体を貯留するボンベと、

前記ボンベ内の圧力媒体の圧力を調圧する圧力レギュレータと、

前記ボンベ内の圧力媒体を前記圧力レギュレータを介して前記インジェクタへ供給するための供給スイッチと、

前記チャンバーと前記測定面との距離が所定値になったとき、前記供給スイッチをトリガするトリガ機構と、

を備える、請求項 6 記載の構造物診断装置。

8. 前記圧力媒体供給機構は、

前記インジェクタに接続されて前記圧力媒体を供給するコンプレッサと、

前記コンプレッサ内の圧力媒体を前記インジェクタへ供給するための供給スイッチと、

前記チャンバーと前記測定面との距離が所定値になったとき、前記供給スイッ

チをトリガするトリガ機構と、

を備える、請求項 6 記載の構造物診断装置。

9. 前記圧力媒体供給機構は、

一端を前記加振装置の筐体に接続されると共に、他端を前記トリガ機構に接続され、該トリガ機構を前記供給スイッチから離れるように付勢するばねを更に備える、請求項 7 又は 8 記載の構造物診断装置。

10. 前記表示装置は、

前記振動検出器に接続された入力端子と出力端子を有するアンプと、

前記アンプの出力端子に接続された第 1 入力端子と、参照電圧を印加される第 2 入力端子と、出力端子とを有し、前記第 1 入力端子の入力電圧が前記第 2 入力端子の参照電圧を超えたとき前記出力端子より出力を発生する、互いに並列に配置された複数のコンパレータと、

前記各コンパレータの出力端子に各々接続された複数の表示部と、

を備え、

前記各コンパレータの出力端子に印加される参照電圧が異なる値に設定される、請求項 1 記載の構造物診断装置。

11. 前記弾性振動の所定の周波数範囲は数 kHz 以下である、請求項 1 記載の構造物診断装置。

12. コンクリート構造物の内部欠陥を検出する構造物診断方法において、

測定対象物の測定面に弾性波を一定の力で発生させる第 1 の工程と、

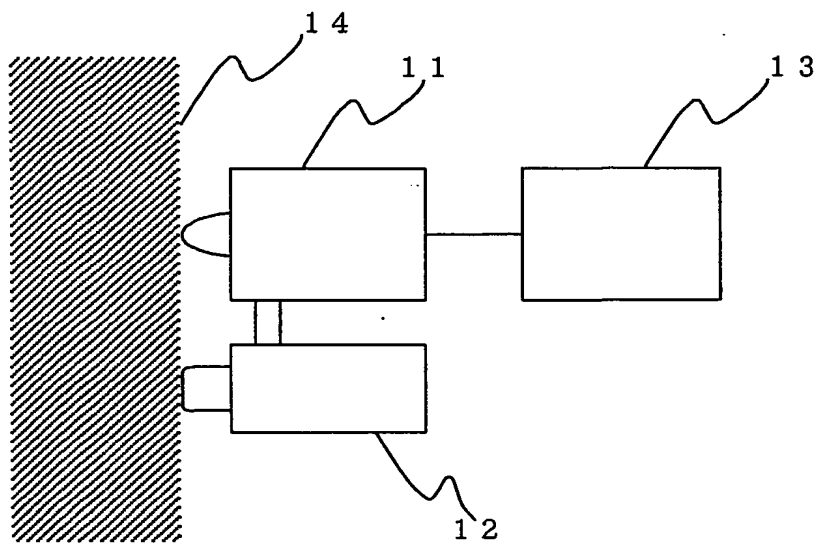
前記第 1 の工程において前記測定面に発生した振動を電気信号に変換して、その電気信号の所定の周波数範囲の成分の最大振幅を求める第 2 の工程と、

前記電気信号の最大値を予め定められた閾値と比較して、前記構造物の内部欠陥の存在を検出する第 3 の工程と、

を備える構造物診断方法。

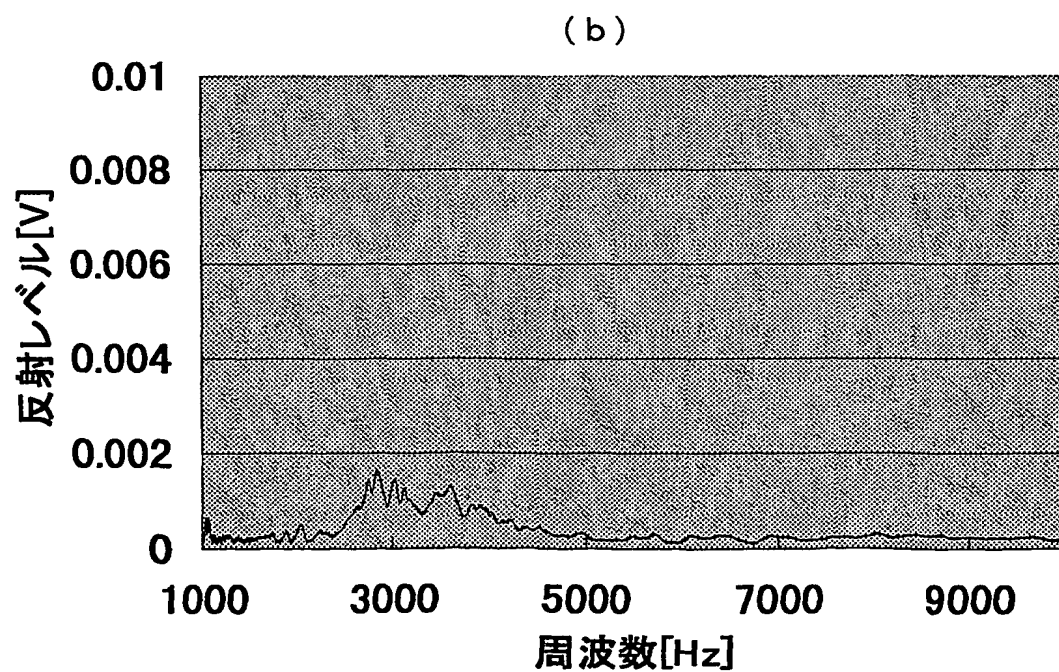
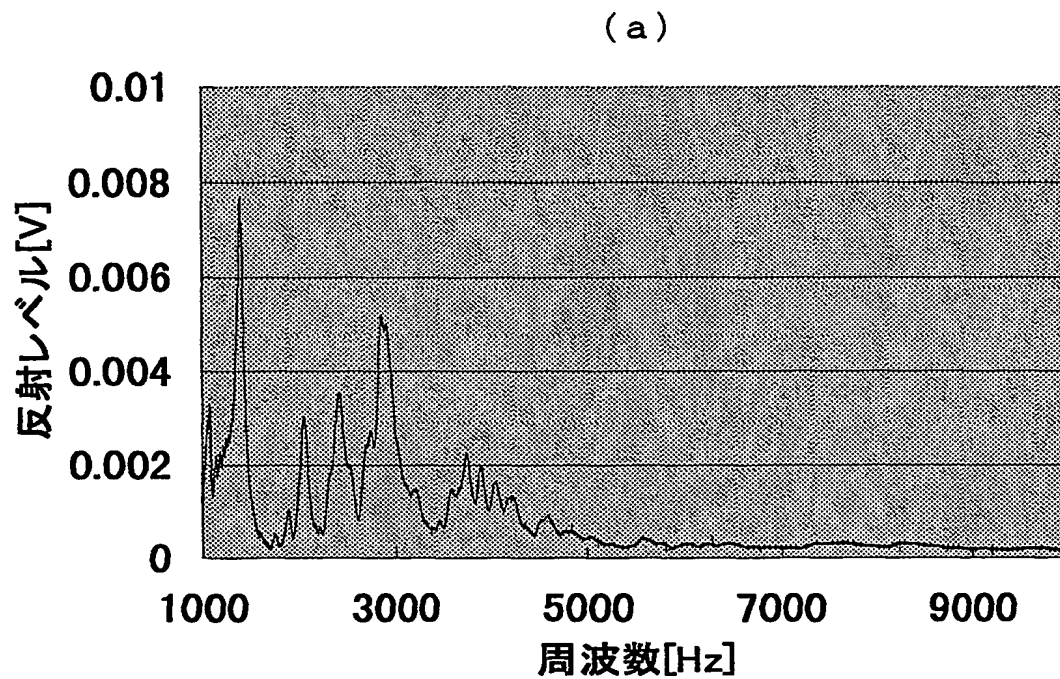
13. 前記電気信号の所定の周波数範囲は数 kHz 以下である、請求項 12 記載の構造物診断方法。

図 1



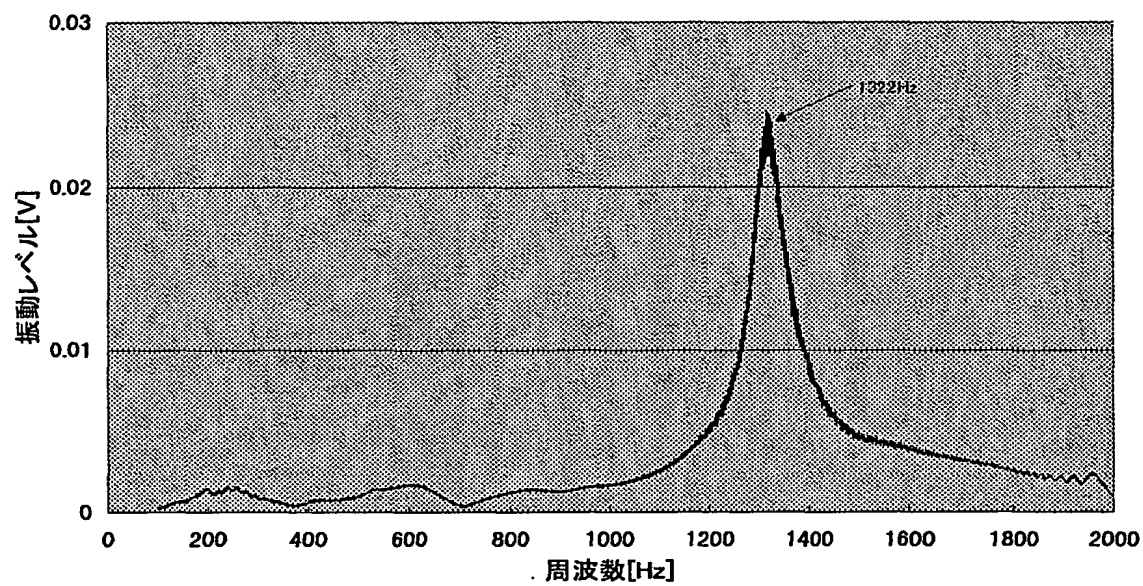
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

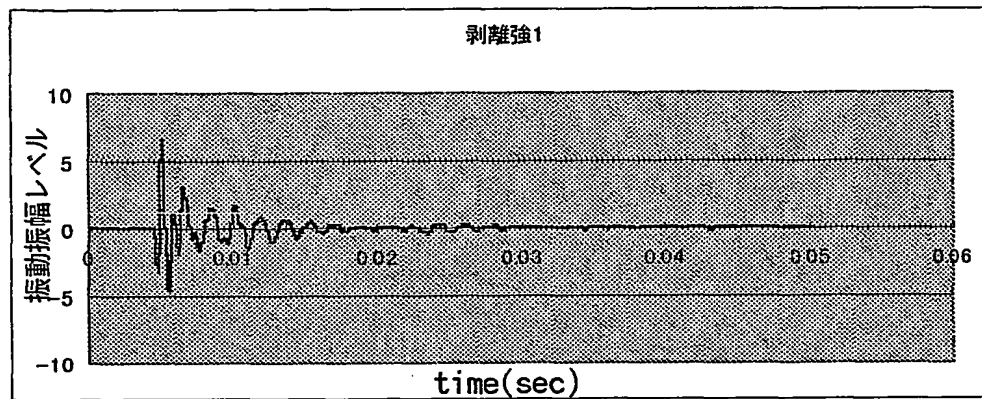
図 3



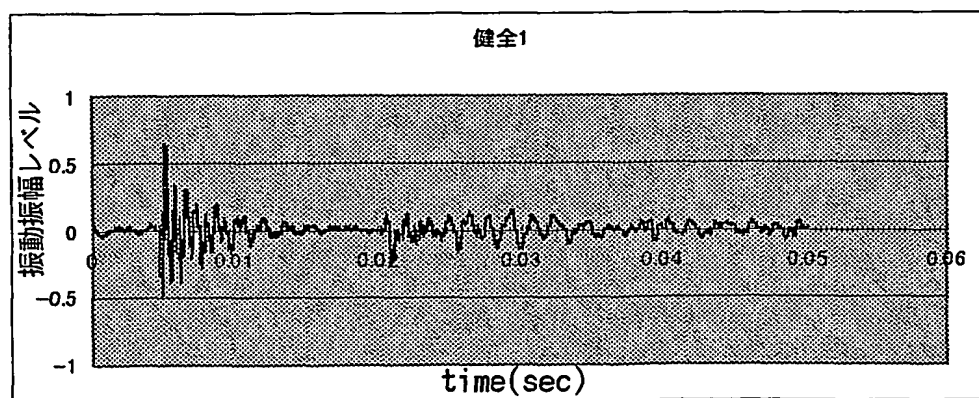
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 4

(a)



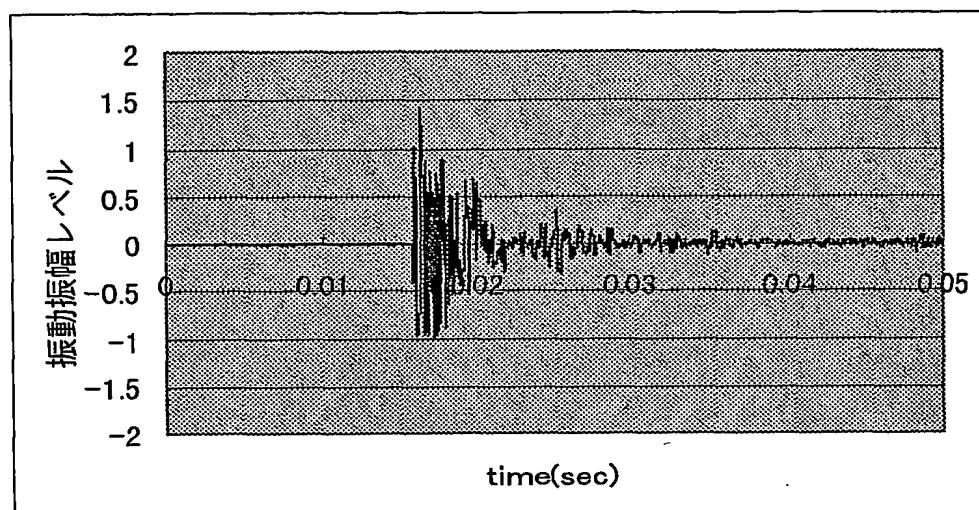
(b)



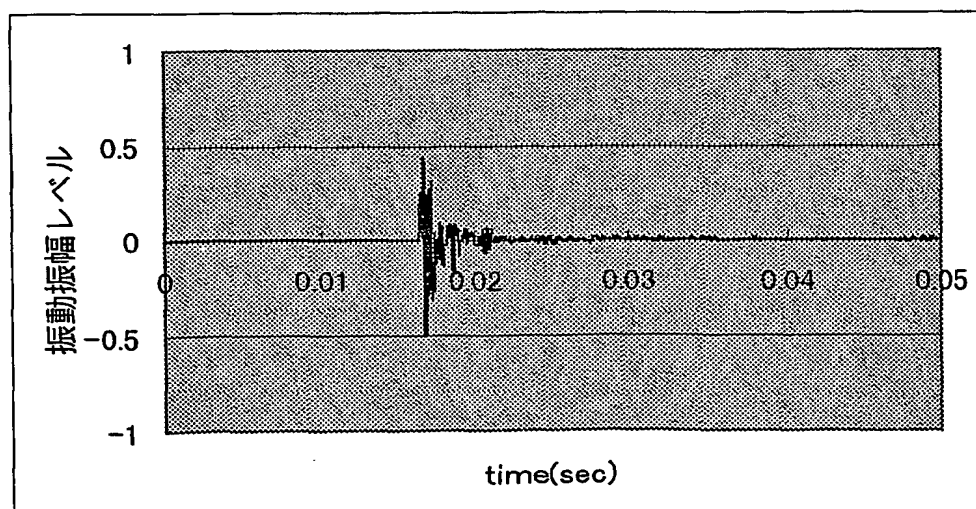
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 5

(c)



(d)



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 6

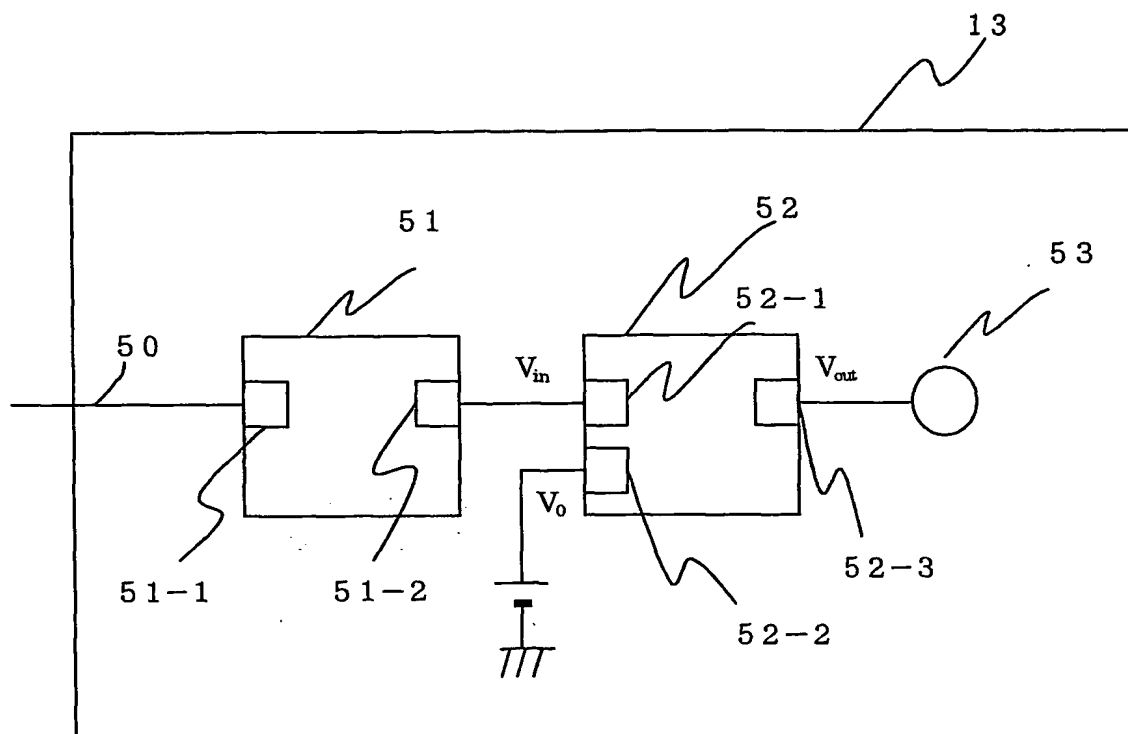
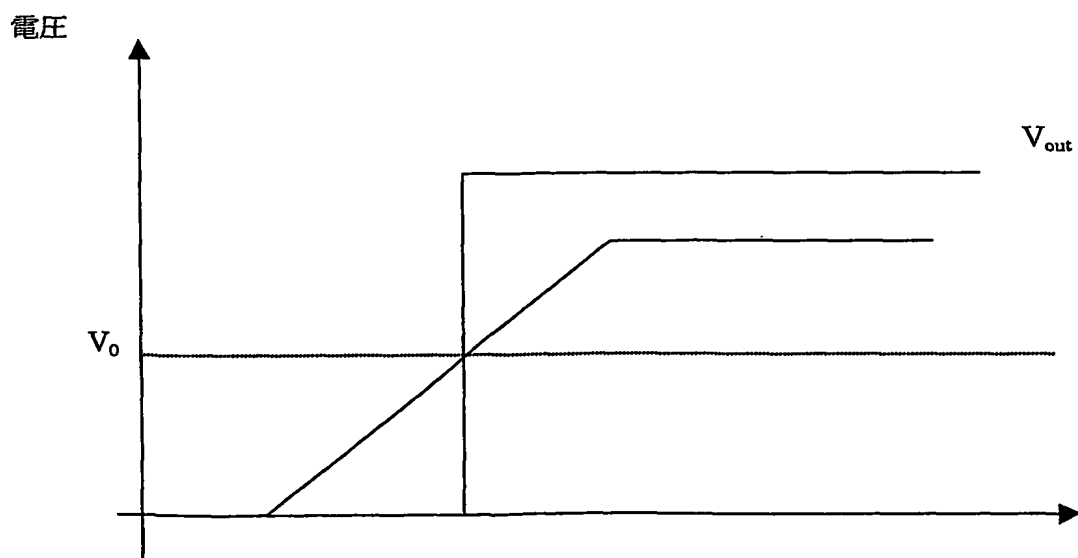
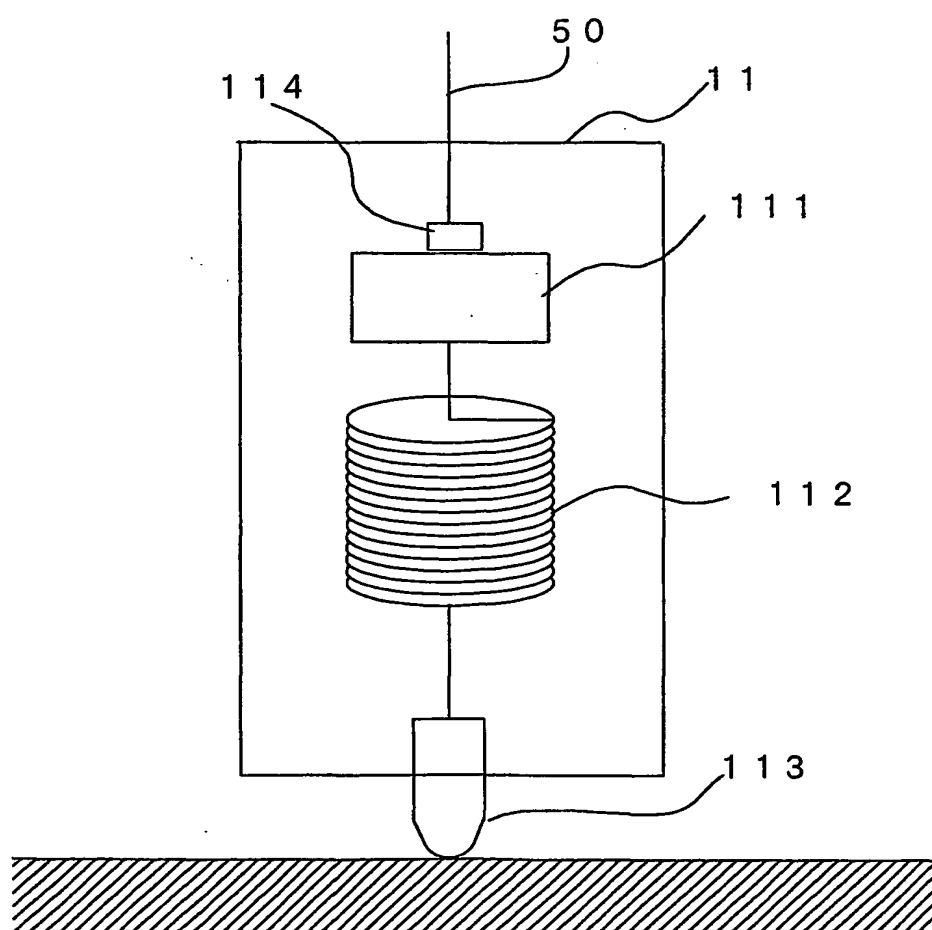


図 7



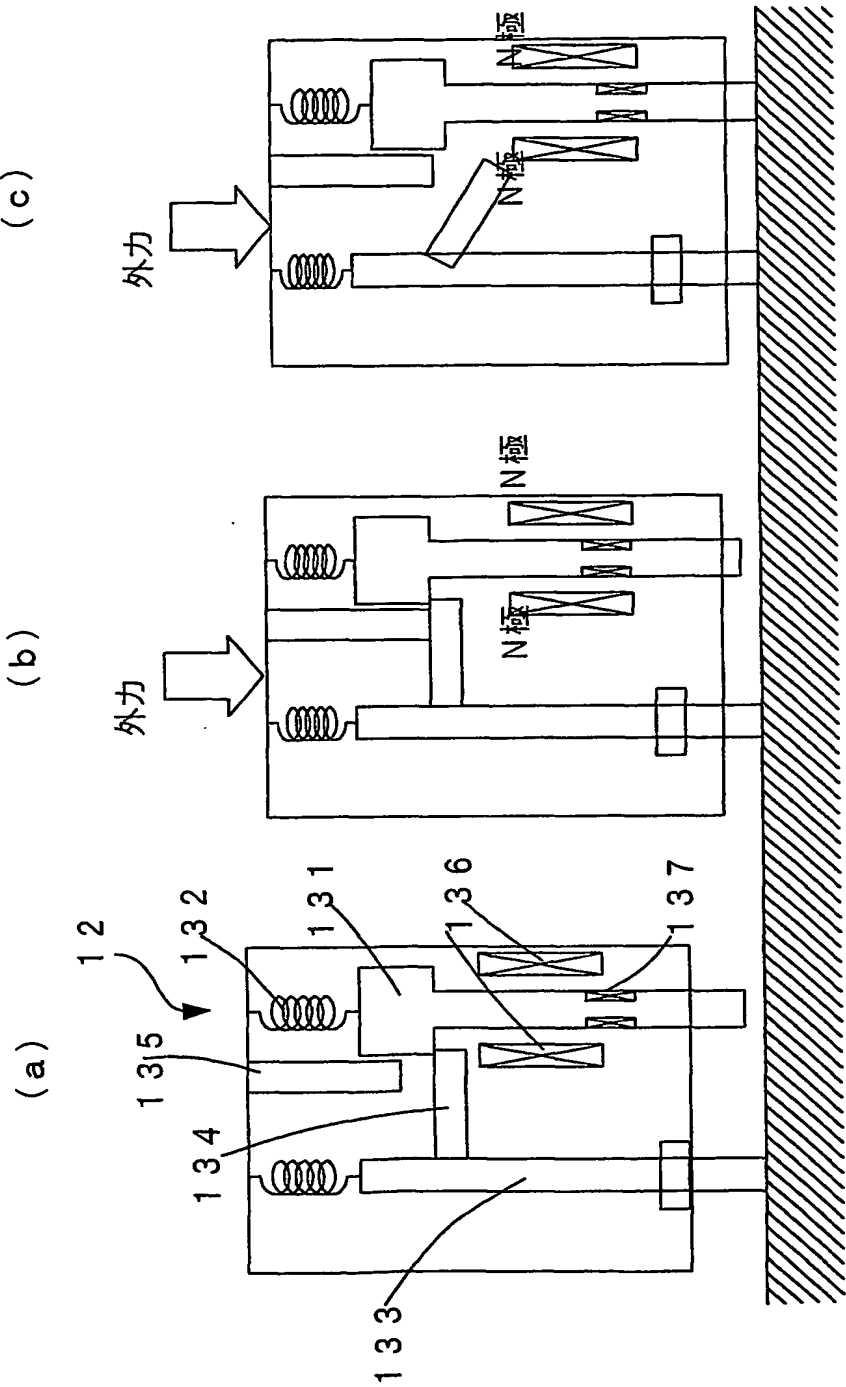
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 8



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

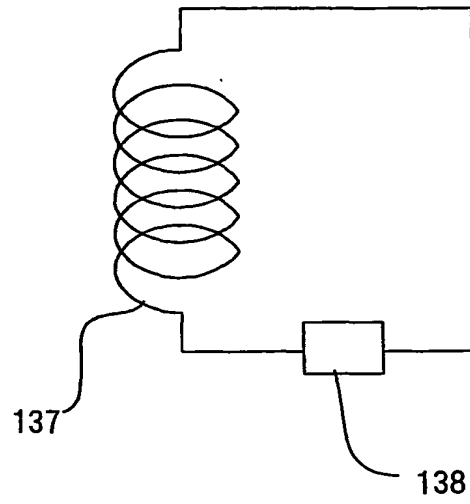
図 9



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

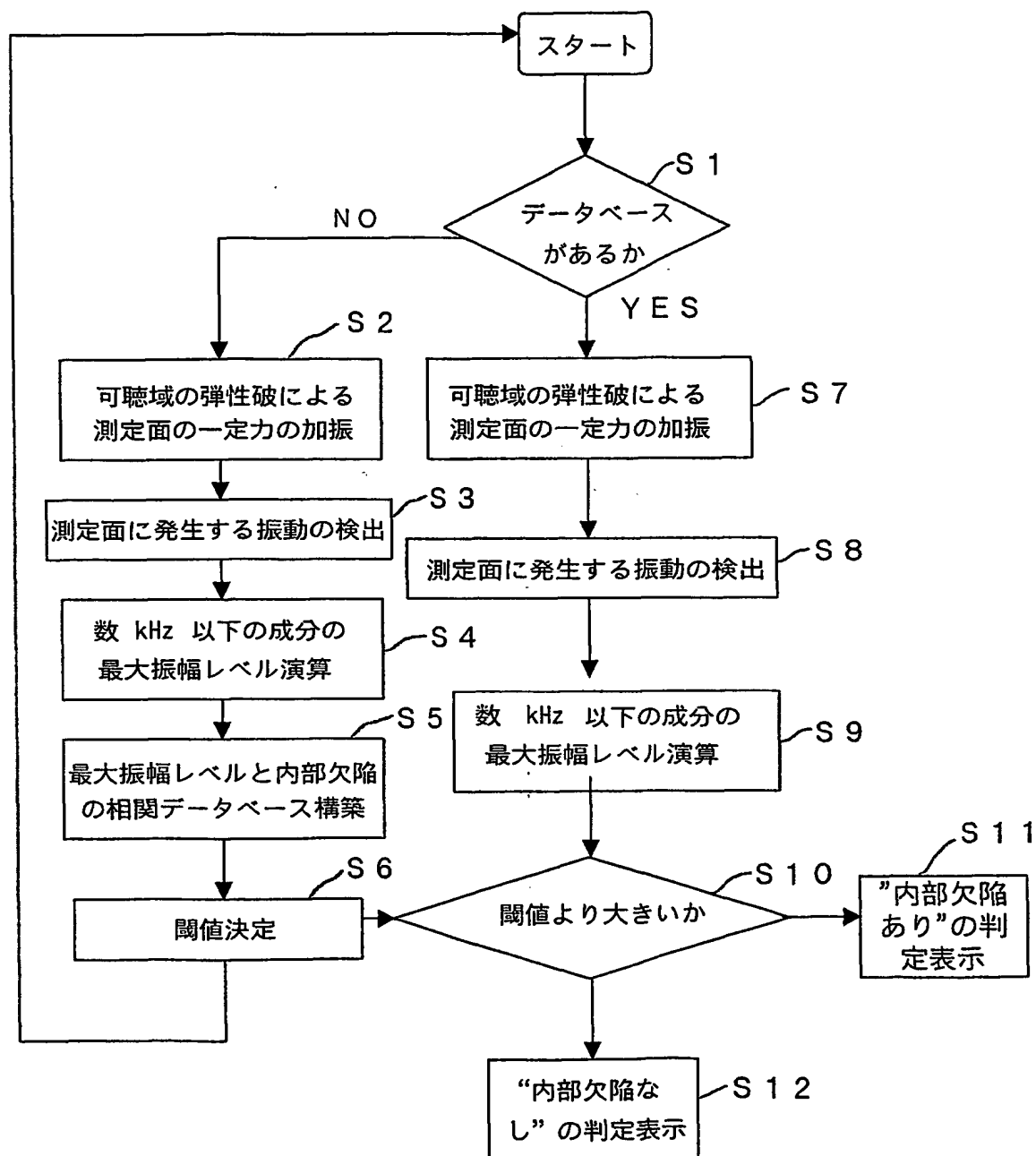
9/15

図 10



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 11



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 1 2

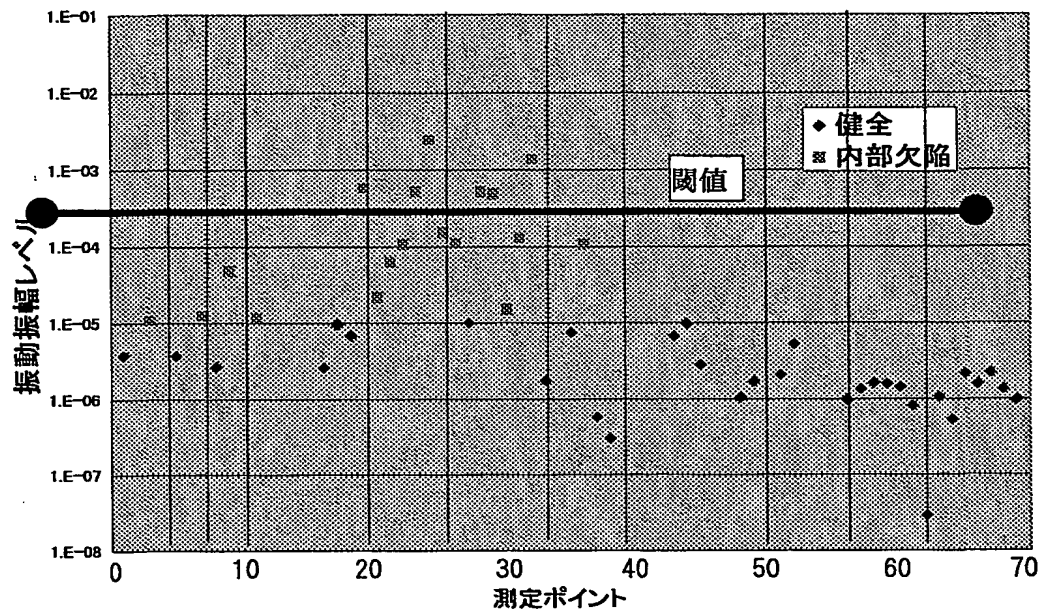
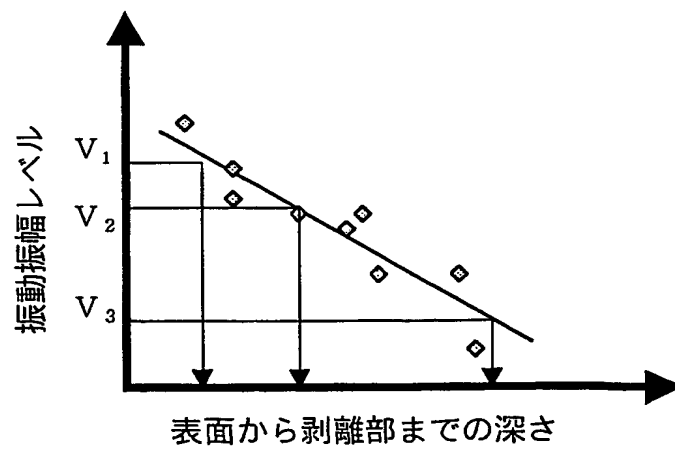


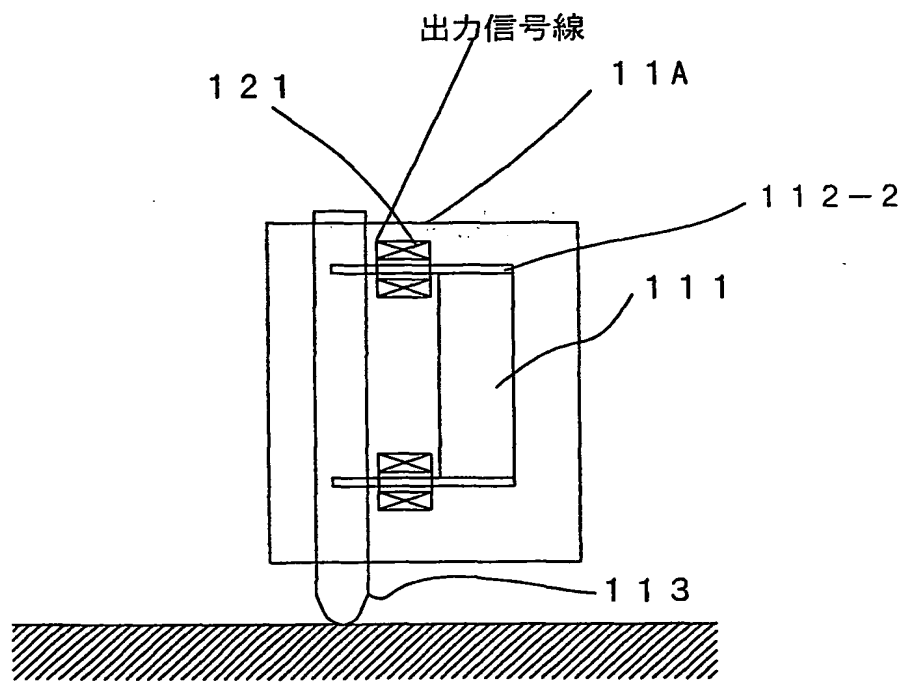
図 1 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

12/15

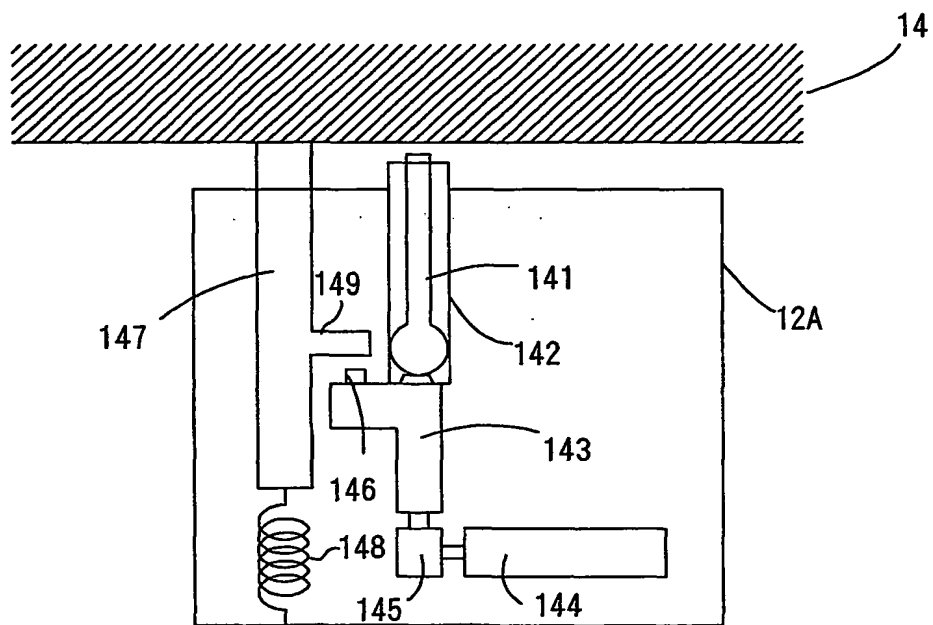
図14



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

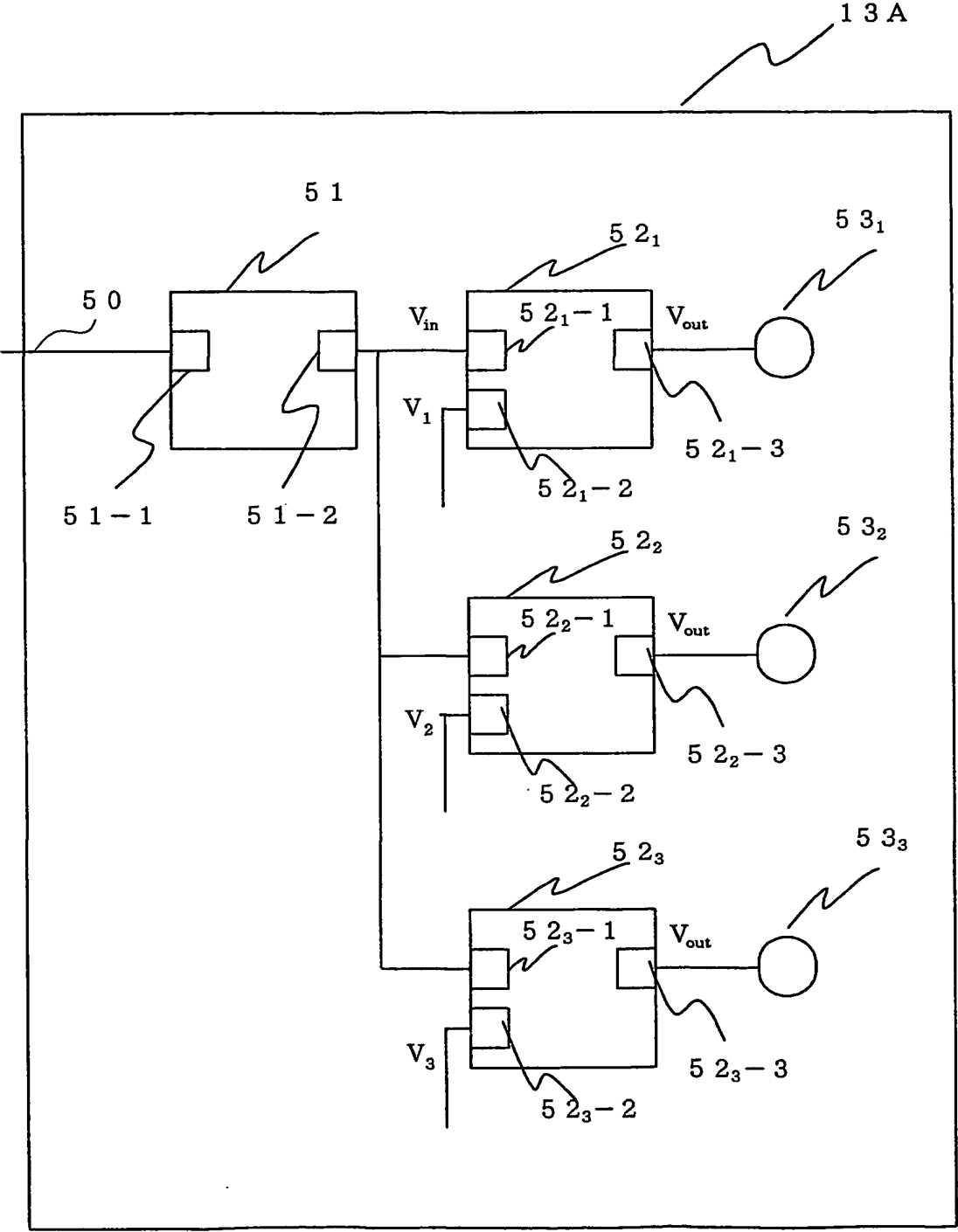
13/15

図 15



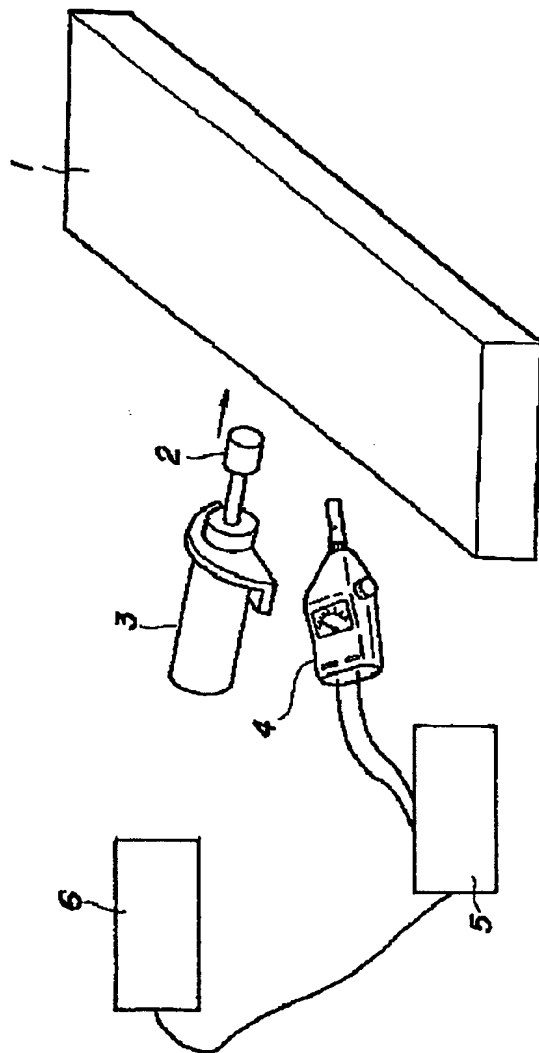
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 16



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 17



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/05797

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G01N29/12, G01N3/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G01N29/00-29/28, G01N3/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 1-219555 A (Mitsubishi Petrochemical Co., Ltd.), 01 September, 1989 (01.09.89), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1, 4, 10, 12
Y		5, 11, 13
Y	JP 3-92758 A (Akebono Brake Res. & Dev. Center Ltd.), 17 April, 1991 (17.04.91), page 2, lower left column, lines 13 to 17 (Family: none)	5
A		6-9
Y	JP 2000-131290 A (Mitsubishi Electric Corporation), 12 May, 2000 (12.05.00), page 4, left column, lines 38 to 47 (Family: none)	11, 13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
28 September, 2000 (28.09.00)

Date of mailing of the international search report  
10 October, 2000 (10.10.00)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N29/12, G01N3/30

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N29/00-29/28, G01N3/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P, 1-219555, A (三菱油化株式会社) 1. 9月. 1989 (01. 09. 89)	1, 4, 10 12
Y	全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	5, 11, 13
Y	J P, 3-92758, A (株式会社曙ブレーキ中央技術研究 所), 17. 4月. 1991 (17. 04. 91)	5
A	第2頁左下欄第13-17行 (ファミリーなし)	6-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28. 09. 00

国際調査報告の発送日

10.10.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 隆夫

2W

8204

電話番号 03-3581-1101 内線 3290



C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 2000-131290, A (三菱電機株式会社) 12. 5月. 2000 (12. 05. 00) 第4頁左欄第38-47行 (ファミリーなし)	11, 13